



SISTEMA DE GEOREFERENCIACIÓN PARA EL MONITOREO DEL USO DEL
ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

MANUEL FELIPE BUITRAGO BETANCOURT

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
VILLAVICENCIO, COLOMBIA
2017

**SISTEMA DE GEOREFERENCIACIÓN PARA EL MONITOREO DEL USO DEL
ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

MANUEL FELIPE BUITRAGO BETANCOURT

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniería de
sistemas

Director:
Dr. Héctor Iván Reyes Moncayo

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
VILLAVICENCIO, COLOMBIA
Año 2017**

Tabla de contenido

1. Capítulo 1	1
1.1. Epi	1
1.2. Introducción	1
1.3. Planteamiento del problema	1
1.4. Objetivos	2
1.4.1. Objetivo General	2
1.4.2. Objetivos específicos	2
1.5. Justificación	4
1.6. Marco teórico	5
1.6.1. Cognitive radio:	5
1.6.2. eCharts:	8
1.6.3. XAMPP:	9
1.7. Desarrollo del proyecto	10
1.7.1. Casos de uso:	10
1.8. Resultados	16
1.8.1. Configuración de gráficas:	17
1.8.2. Montaje del mapa:	17
1.8.3. Analizador de frecuencias dinámico:	18
1.8.4. Análisis en tiempo real	21
1.8.5. Configuración del servidor.	22
1.9. Conclusiones	24
Referencias	25
2. Capítulo 2. Artículo científico resultado de investigación	26

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Ciclo del Radio Cognitivo	6
Figura 2. Tecnología de Radio Cognitiva – Cognitive Radio.	6
Figura 3. Mapa de la librería echarts.	9
Figura 4. Logo Xampp.	9
Figura 5. Casos de uso monitoreo del uso del espectro radioeléctrico.	10
Figura 6. Diagrama de flujo, caso de uso ver mapa del uso del espectro.	11
Figura 7. Diagrama de flujo, caso de uso ver gráficos.	12
Figura 8. Diagrama entidad relación.	14
Figura 9. Modelo entidad relación.	14
Figura 10. Diagrama de secuencia	15
Figura 11. Diagrama de clases	15
Figura 12. Captura del blog que describe el proyecto [5].	16
Figura 13. Screenshot de la interfaz del mapa del uso del espectro.	18
Figura 14. Screenshot de la interfaz del analizador de frecuencias.	20
Figura 15. Screenshot de la interfaz del análisis en tiempo real.	21
Figura 16. Diagrama de conexión con el servidor.	23

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Caso de uso ver mapa de uso del espectro	11
Tabla 2. Caso de uso ver gráficos.	12
Tabla 3. Caso de uso generar datos estadísticos.	13
Tabla 4. Diagrama de flujo, caso de uso generar datos estadísticos.	13

1. Capítulo 1

1.1. Epi

Este proyecto hace parte del proyecto de investigación Monitoreo del espectro radioeléctrico basado en la tecnología de radio cognitiva, dirigido por el profesor Héctor Iván Reyes Moncayo.

1.2. Introducción

Uno de los problemas que más aqueja a las redes y sistemas inalámbricos es la carencia de espectro radioeléctrico. Por este motivo, es importante plantear métodos para gestionar este recurso de una forma más óptima. Este proyecto busca hacer uso de la tecnología de radio cognitiva (cognitive radio - CR) para implementar una técnica de monitoreo del espectro. Dicha técnica de monitoreo se integrará con un mapa georreferenciado que permitirá analizar los patrones de uso del espectro radioeléctrico en diferentes lugares y zonas del espectro. Dicho análisis podrá ser usado para diseñar nuevas políticas de gestión de este recurso.

1.3. Planteamiento del problema

El espectro radioeléctrico es un recurso natural que debido a la alta demanda de servicios móviles se está volviendo cada día más escaso. Esta circunstancia demanda que se planteen métodos más eficientes para gestionar dicho recurso. Actualmente el espectro radioeléctrico es adjudicado y asignado de manera estática. Varios estudios han mostrado que los usuarios a los que le ha sido asignado este recurso no lo usan permanentemente: el nivel de uso de este recurso fluctúa entre 5% y 85% (Masonta, Mzyece, and Ntlatlapa 2013). Es por lo tanto

necesario desarrollar métodos que permitan caracterizar el patrón de uso de canales de radiofrecuencia y de esta forma gestionar este recurso dinámicamente, lo cual podría ser más eficiente. Joseph Mitola propuso la tecnología de radio cognitiva la cual combina la tecnología de radio definida por software (Software Defined Radio) con inteligencia artificial (Haykin 2005).

Uno de los componentes de esta tecnología es el escaneo del espectro radioeléctrico (Spectrum Sensing) cuyo fin es encontrar huecos espectrales, los cuales son segmentos del espectro no usados por el usuario al que se le ha adjudicado dicho espectro. Por lo tanto, este proyecto busca desarrollar e implementar técnicas para monitorear y caracterizar el uso del espectro, detectar huecos espectrales, y estudiar como dichas técnicas se pueden integrar con el esquema de gestión del espectro radioeléctrico en Colombia, con miras a la explotación de la tecnología de radio cognitiva especialmente en zonas rurales como la Orinoquia.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseño e implementación de un sistema de observación del monitoreo del espectro radio eléctrico usando tecnologías web open source.

1.4.2. Objetivos específicos

Diseñar una base de datos para el almacenamiento de los datos del espectro radioeléctrico capturados con la tecnología SDR (Software Defined Radio). El rango de

frecuencias está limitado al ancho de banda del dispositivo receptor RTL-SDR, estimado entre 54 MHz y 1700 MHz.

Elaborar un sistema de geo referencia a través de un mapa, en el cual el usuario pueda ubicar la zona del análisis del espectro.

Realizar gráficos dinámicos de modo que el usuario pueda interactuar con ellos, así permitirse intuir el análisis estadístico de manera fácil y rápida.

La interfaz de comunicación con el usuario debe hacerse a través de desarrollo web.

Permitir la visualización de los datos en cualquier tipo de dispositivo vía online y en tiempo real.

1.5. Justificación

Con el creciente avance de la tecnología de las comunicaciones inalámbricas cada vez tenemos menos disponibilidad del espectro electromagnético haciendo que dispositivos que usan el mismo canal o canales adyacentes interfieran entre sí, siendo menos eficiente la comunicación entre ellos. Como ya habíamos dicho, el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado, que debido a la creciente demanda de servicios inalámbricos de comunicación se hace cada vez más escaso, lo que hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan gestionar más eficientemente este recurso. En Colombia, la entidad encargada de realizar la planeación, atribución, vigilancia y control del Espectro Radioeléctrico es la ANE (Agencia Nacional Del Espectro), que busca la aplicación de nuevas tecnologías para un sistema moderno de gestión, vigilancia y control.

La Radio Cognitiva es una de estas nuevas tecnologías, ofrece beneficios a los usuarios ya que es un radio inteligente capaz de utilizar su capacidad de radio cognitiva de manera óptima para interactuar con el medio ambiente que la rodea, empleando el aprendizaje sobre el medio ambiente y utilizando el conocimiento aprendido para mejorar la comunicación, de esta forma ofrece diversas aplicaciones en diferentes sectores para ayudarnos a realizar diferentes tareas, facilitando nuestra vida diaria. Finalmente, esta nueva tecnología será la que se implementará junto con desarrollo web.

1.6. Marco teórico

1.6.1. Cognitive radio:

Una de las tecnologías emergentes que ha surgido para resolver no solamente el problema de la escasez del espectro, sino también otros de los problemas de los sistemas inalámbricos, es la tecnología radio cognitiva. Dicha tecnología es la unión de la tecnología de radio definida por software (Software Defined Radio - SDR) y varias técnicas de Inteligencia artificial (Artificial Intelligence - AI). Un radio cognitivo en teoría debe ser capaz de observar las condiciones que lo rodean y adaptarse a las mismas. Para cumplir tal propósito un radio cognitivo (cognitive radio – CR) opera de acuerdo al ciclo ilustrado en la figura 1. Un radio cognitivo inicialmente observa el espectro radioeléctrico: lo que significa escanear el espectro, recibir señales y calcular parámetros de rendimiento como la probabilidad de error de bits (Bit Error Rate - BER).

Después de observar el espectro el CR analiza lo que ha observado, decide, y aprende. Por ejemplo el CR puede aprender sobre el nivel de interferencia en el lugar y canal en el que se encuentra operando. Las decisiones que el radio puede tomar conciernen los parámetros de operación del radio, por ejemplo potencia de transmisión, ancho de banda, rata de bits, frecuencia portadora, etc. Después de decidir acerca de los cambios que deben hacerse a los parámetros, el CR procede a ejecutar los cambios o acciones que se hayan decidido. [1]

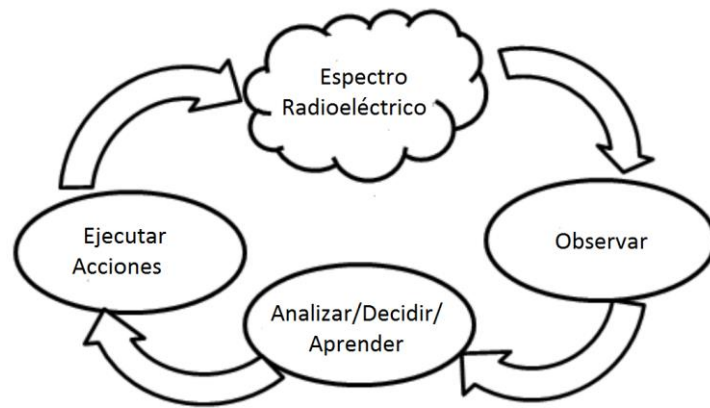


Figura 1. Ciclo del Radio Cognitivo

La figura 2 muestra los dos principales componentes de un radio cognitivo. En este tipo de radio el procesamiento de la señal se hace por software de acuerdo a las decisiones tomadas por el bloque de A.I.

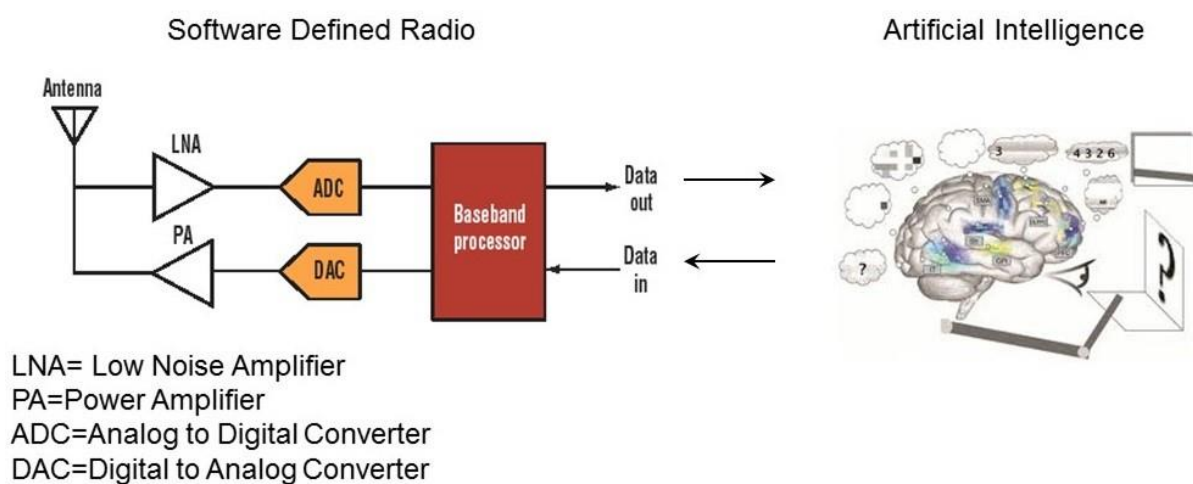


Figura 2. Tecnología de Radio Cognitiva – Cognitive Radio.

Una de las aplicaciones de las tecnologías cognitive radio y SDR es la gestión del espectro. La principal meta de este proyecto es el de monitoreo de la actividad en el espectro radio eléctrico para soportar una gestión más óptima. Este proyecto se enfoca en una de los

componentes de la tecnología de radio cognitiva llamado *spectrum sensing*, que podría traducirse como sensado del espectro. En el contexto de la tecnología de radio cognitiva existen dos tipos de usuarios: los usuarios primarios (primary users- PU) y los usuarios secundarios (secondary users- US). Los usuarios primarios (PU) son aquellos a los que se les ha asignado la licencia para usar un canal específico. Los usuarios secundarios (SU) escanean el espectro buscando huecos espectrales (intervalos de tiempo en los cuales los PU no están transmitiendo) para usar este recurso oportunistamente.

El bloque de *spectrum sensing* de un radio cognitivo se encarga de detectar huecos espectrales. Se han propuesto varias técnicas para *spectrum sensing*. Las técnicas más conocidas son: detección por energía (energy detection –ED) (Urkowitz 1967) detección basada en filtro matched filter (MF) (Yucek and Arslan 2009; Tandra and Sahai 2005), detección por característica ciclo estacionaria (cyclostationary feature detection- CSD) (Gardner 1991; Gardner, Brown, and Chen 1987; Gardner 1987), y detección basada en covarianza (covariance based detection) (Zeng and Liang 2009).

La técnica de detección por energía (ED) es la más simple (de Carvalho et al. 2014; López-Benítez and Casadevall 2012). Aunque no requiere conocer previamente la señal del PU, requiere conocer la potencia de ruido. En este método el detector toma muestras de señal y calcula su potencia. El detector o sensor de espectro decide si el valor estimado de potencia significa que hay un PU transmitiendo o si por el contrario el canal esta libre. El inconveniente de este método es que se requiere conocer previamente la potencia de ruido para tomar una decisión. El método CSD aprovecha el hecho que los parámetros estadísticos de las señales emitidas por los sistemas de comunicación varían periódicamente, por lo tanto, este método busca detectar esta periodicidad en la señal recibida para detectar cuando el PU

está transmitiendo. El inconveniente de este método es que se requiere un detector diferente para cada sistema de comunicación diferente. El método que usa el filtro MF calcula la correlación de la señal recibida con una copia de la señal transmitida almacenada en el receptor. Este método es el más óptimo y preciso pero requiere conocer con anterioridad cada señal que se desee detectar. [2]

El método de sensado espectral basado en covarianza es quizás el más prometedor debido que no requiere previo conocimiento del ruido ni de la señal del PU. Este método explota el hecho de que la matriz de covarianza de las muestras recibidas que contienen solo ruido gaussiano se comporta diferente que la matriz de covarianza de las muestras que contienen ruido gaussiano más señal de datos. Existen varias formas de extraer información de la matriz de covarianza, por ejemplo: calcular la relación entre los elementos de la diagonal y los elementos que no están en la diagonal; calcular la relación entre el valor propio máximo y mínimo de la matriz; y calcular la auto-correlación. En este proyecto se propone usar este último de acuerdo al método desarrollado por el investigador principal en (Reyes et al. 2015). [2]

1.6.2. eCharts:

eCharts es una herramienta para la visualización de datos: es completamente de código abierto, es sofisticado y sin embargo flexible, y se mantiene al tanto de la era del 'Big Data'. eCharts se adhiere al enfoque de código abierto y llega al máximo desarrollo con el poder de la comunidad, con el fin de prestar un mejor servicio a los usuarios en el hogar y en el extranjero, y crear un mayor valor en los negocios y la sociedad. ECharts (una contracción de Enterprise Charts) es una solución comercial de gráficos originalmente destinada a abordar la necesidad de informes de los diversos sistemas comerciales de la Compañía, como Baidu

Promotion (凤巢), Advertising Manager (Advertising 管家). Anteriormente utilizamos Flash para satisfacer esas necesidades. [3]



Figura 3. Mapa de la librería echarts.

1.6.3. XAMPP:

XAMPP es un servidor web de plataforma, software libre, que consiste principalmente en el sistema de gestión de bases de datos MySQL, el servidor web Apache y los intérpretes para lenguajes de script PHP y Perl. El nombre es en realidad un acrónimo: X (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos), Apache, MariaDB, PHP, Perl. A partir de la versión 5.6.15, XAMPP cambió la base de datos MySQL por MariaDB, un fork de MySQL con licencia GPL. [4]



Figura 4. Logo Xampp.

1.7. Desarrollo del proyecto

1.7.1. Casos de uso:

Un caso de uso es una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso y los actores que participan en cada uno de ellos.

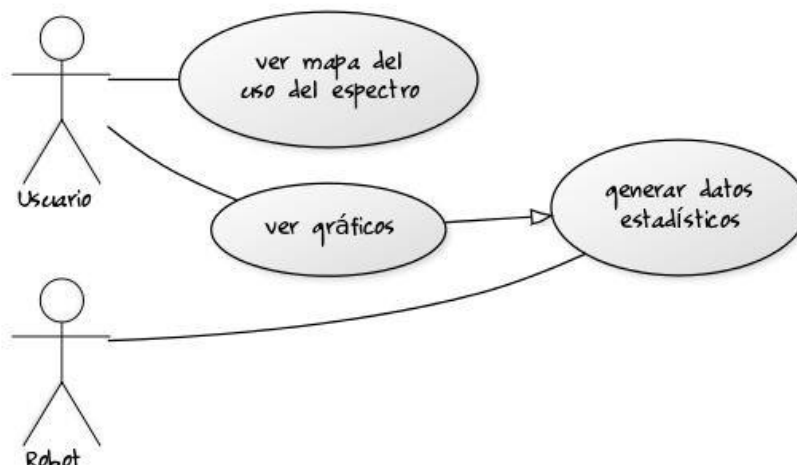


Figura 5. Casos de uso monitoreo del uso del espectro radioeléctrico.

Descripción de los casos de uso:

Nombre	Ver mapa de uso del espectro
Actor participante	Usuario
Objetivo	Ver los puntos de medición en un mapa
Descripción	puede ver en tiempo real los puntos activos del análisis del uso del espectro radioeléctrico
Condición	Cualquier usuario que haya accedido a la página web http://usodelespectro.com/

Resultado	Ver el uso áreas del uso del espectro y su respectiva descripción (opcionalmente se podrá visualizar un pequeño resumen del uso del espectro a través de gráficos).
-----------	---

Tabla 1. Caso de uso ver mapa de uso del espectro

Diagrama de flujo:

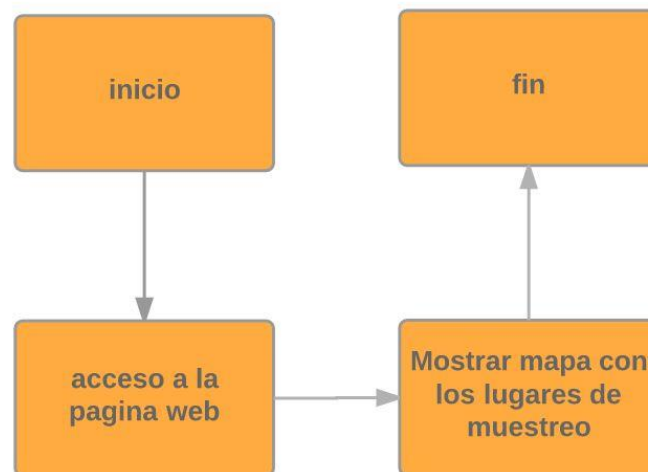


Figura 6. Diagrama de flujo, caso de uso ver mapa del uso del espectro.

Nombre	Ver gráficos
Actor participante	Usuario
Objetivo	Ver los reportes de las frecuencias
Descripción	puede ver en tiempo real el reporte histórico y el muestreo del uso del espectro electromagnético
Condición	Cualquier usuario que haya accedido a la página web http://usodelespectro.com/reportes

Resultado	Ver los reportes del uso del espectro en una frecuencia específica, el usuario también podrá ver el reporte de una frecuencia deseada.
-----------	--

Tabla 2. Caso de uso ver gráficos.

Diagrama de flujo:

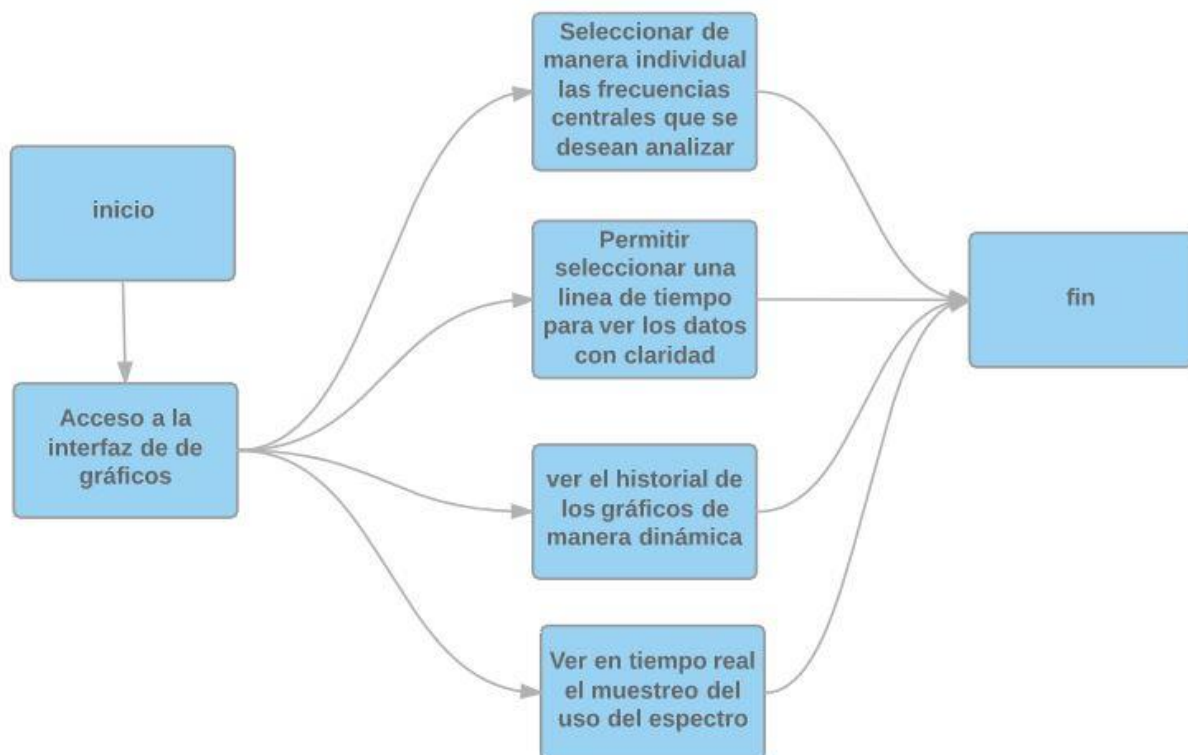


Figura 7.Diagrama de flujo, caso de uso ver gráficos.

Nombre	Generar datos estadísticos
Actor participante	Usuario

Objetivo	Ver los puntos de medición en un mapa
Descripción	El usuario tendrá a su disposición una serie de elementos para buscar el historial del monitoreo del espectro electromagnético. Tales como búsqueda por fecha, frecuencia y por zona.
Condición	Cualquier usuario que haya accedido a la página web http://usodelespectro.com/historial
Resultado	Ver los reportes del historial uso del espectro en un área y fecha específica, el usuario también podrá ver el reporte del historial de una frecuencia deseada.

Tabla 3. Caso de uso generar datos estadísticos.

Diagrama de flujo:

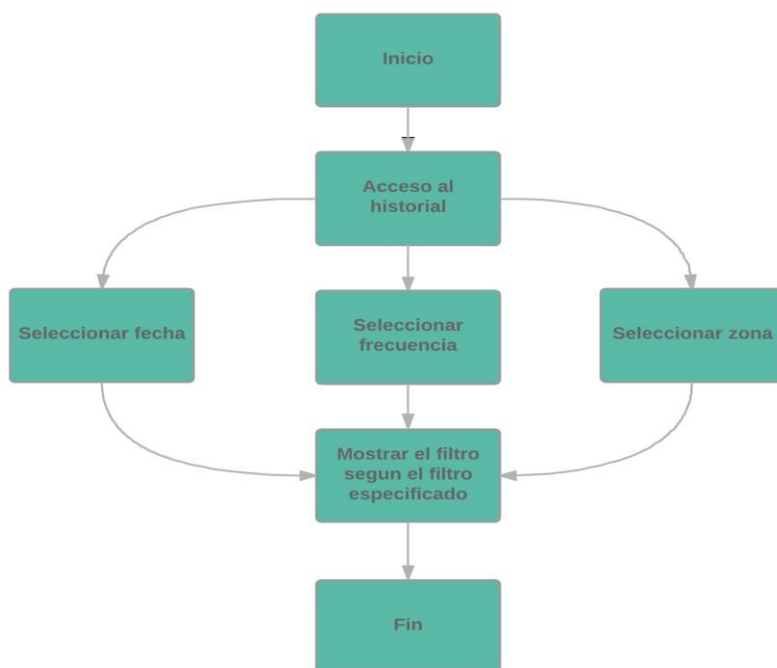


Tabla 4. Diagrama de flujo, caso de uso generar datos estadísticos.

Diagrama DER:

El **diagrama entidad relación** nos muestra los campos de la base de datos, el tipo de relaciones entre las tablas y el tipo de dato de cada atributo de las tablas.

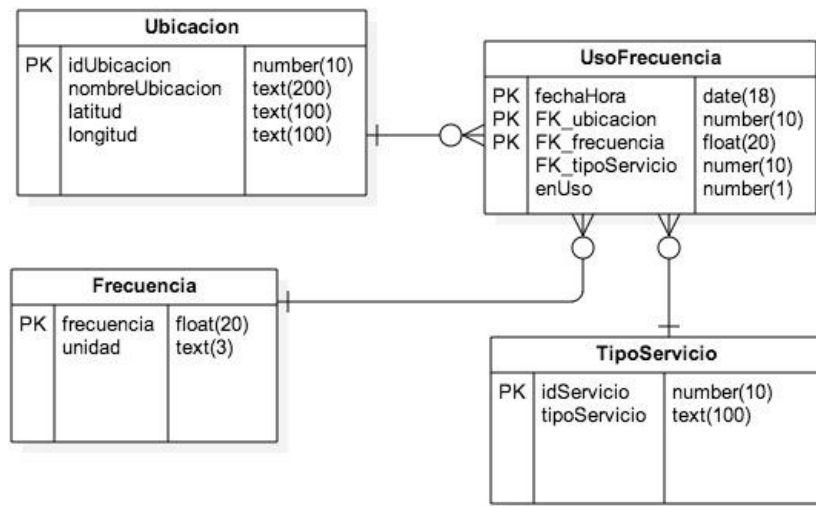


Figura 8. Diagrama entidad relación.

Diagrama MER:

El **modelo entidad relación** nos muestra todos los atributos de las tablas y las relaciones entre ellas.

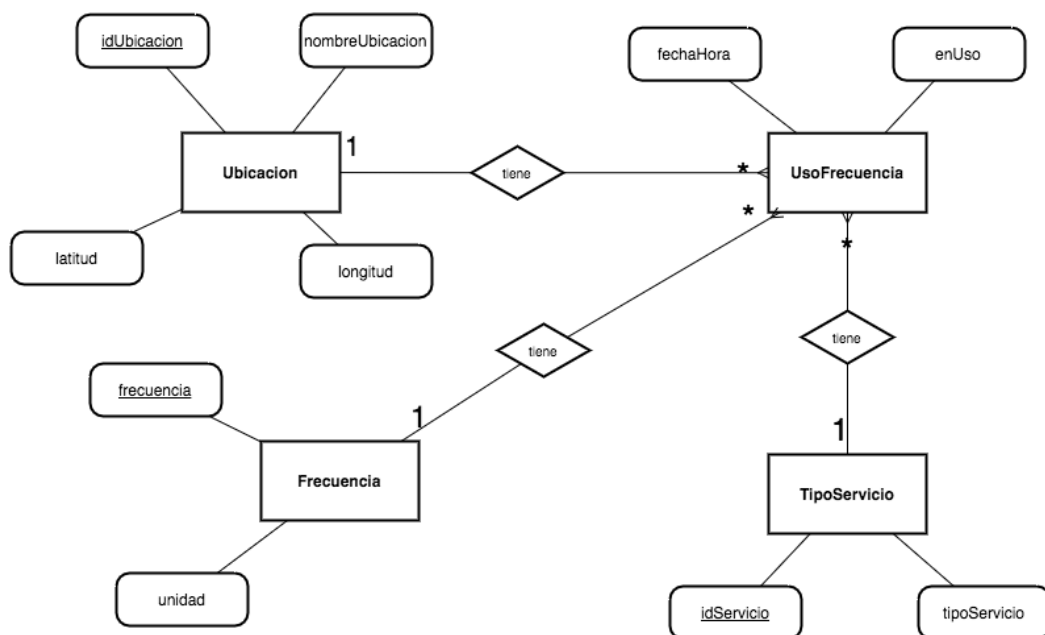


Figura 9. Modelo entidad relación.

Diagrama de secuencia:

El diagrama de secuencia ilustra la interacción entre los objetos, para ejecutar o accionar una orden.

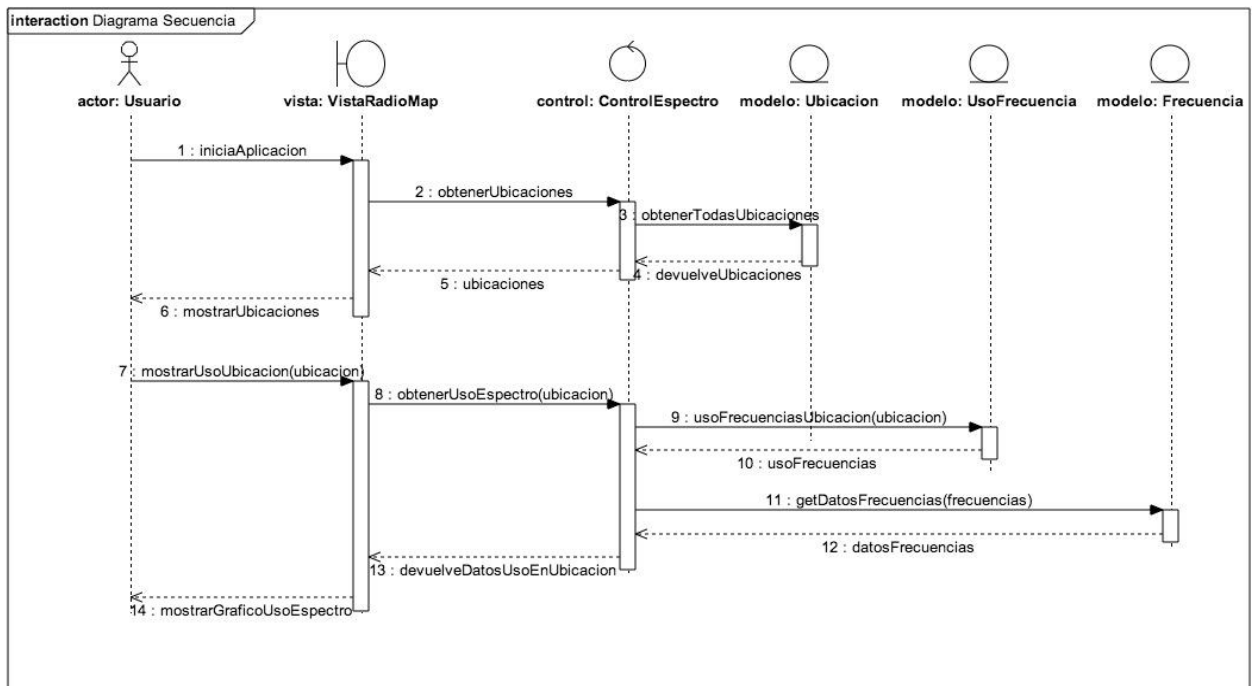


Figura 10. Diagrama de secuencia

Diagrama de clases:

El diagrama de clases sirve para ilustrar las relaciones entre las clases de que ejecutan las operaciones de la aplicación.

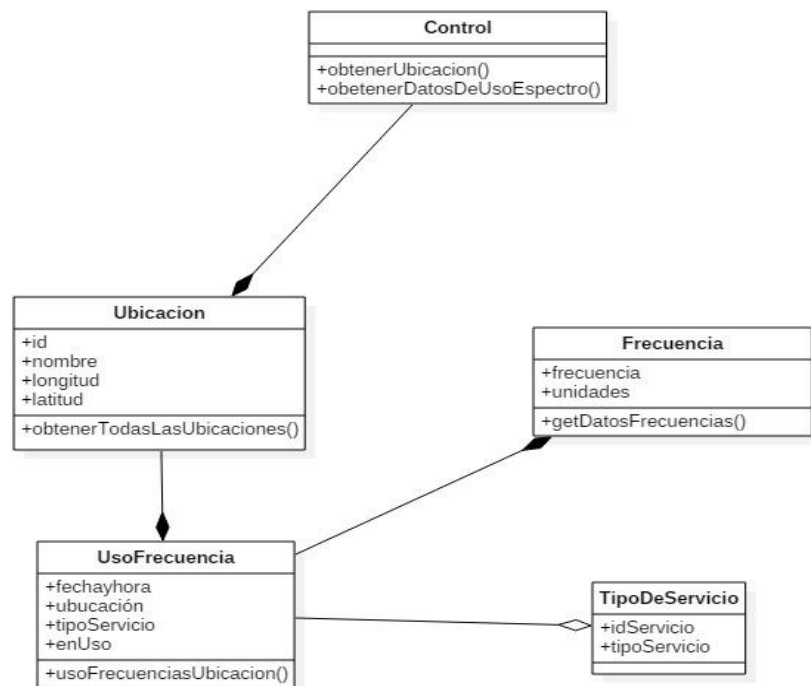


Figura 11. Diagrama de clases

1.8. Resultados

Toda la información funcional la encontrará en el siguiente blog:
<https://codepen.io/PipeBuitrago/post/uso-espectro-radioel-ctrico> .



Figura 12. Captura del blog que describe el proyecto [5].

A lo largo del desarrollo del proyecto los planes de la evolución del trabajo fueron cambiando, en un comienzo se pensó usar una librería muy buena para el empleo de la herramienta de mapa llamada openLayers , pero conforme fue avanzando el proyecto, se estableció que la librería de graficación eCharts y la librería de mapas openLayers no son compatibles, además la librería eCharts cuenta con una opción de implementar un mapa geo referenciado usando el sistema de archivos geoJson, fue así como se decidió usar una sola librería para la visualización de los gráficos y la representación del mapa.

1.8.1. Configuración de gráficas:

Antes de empezar a describir el proceso, se quiere aclarar que todos los gráficos de este proyecto tienen un documento javascript en común, este se llama `configuracionEchartsFelipe.js` dicho documento contiene las configuraciones de los temas, conexiones \$ajax con el servidor, eventos en las gráficas, importaciones de polígonos para el mapa, llamados automáticos cada determinado tiempo datos; también está el refrescado del mapa, para que siempre sea responsive, todo lo anteriormente descrito está contenido dentro de una única función llamada: `function graficar(id_grafico,contenedor,optionx)` , la cual recibe 3 parámetros:

`id_grafico`: se usa para identificar el tipo de gráfico, cada gráfico tiene eventos y funciones especiales que se activan según su identificador.

`Contenedor`: se usa para indicar en qué contenedor o `<div>` que va a estar contenido el gráfico.

`optionx`: son los parámetros necesarios de echats que necesitan cada gráfica,(consultar la documentación de echarts).

1.8.2. Montaje del mapa:

Usando la página web `geojson.io` se ayudó de manera integral, para poder generar el mapa en formato `geoJson`, el cual fue guardado y posteriormente importado a la librería `eCharts`, **el proceso de la generación del mapa en formato `geoJson` en la pagina web `geoJson.io` fue el siguiente:** inicialmente se dibuja el mapa de Villavicencio, luego se dibujó un esbozo del área urbana de Villavicencio, por último se subdividió el área urbana por zonas, así se puede hacer un estimado de las áreas en donde es posible ubicar cada uno de los dispositivos

analizadores de la señal radioeléctrica y poderlas poner en el mapa, para tener un estimado de las áreas que queremos analizar, la regiones las se han coloreado de un degradado de azules simplemente por cuestiones estéticas y para la diferenciación entre áreas del mapa, por ahora únicamente contamos con un dispositivo de prueba instalado en la sede San Antonio de la universidad de los llanos, por lo que se asignó el área del barzal en el mapa, a continuación se muestra el resultado final del desarrollo e investigación del mapa:



Figura 13. Screenshot de la interfaz del mapa del uso del espectro.

El único objetivo del mapa es simplemente mostrar las áreas de estudio en la actualidad, y dirigir al usuario hacia los datos y gráficos del área que seleccionemos, el sector del barzal tiene un color que lo distingue de los demás, en este caso un color azul más oscuro, así el usuario identifica claramente que en esta zona se están realizando estudios.

1.8.3. Analizador de frecuencias dinámico:

EL proceso del análisis de los datos se hizo con un servicio montado en php ubicado en la carpeta servicios, llamado **generarUsoFrecuencias.php**, el cual se encarga de procesar todos los datos que se encuentren en la base de datos, organizarlos por: frecuencias, fecha y

porcentaje de uso, obteniendo de este proceso un archivo llamado **usosFrecuencias.js** ubicado en la carpeta data, este archivo es compilado luego como un archivo javascript por la página web, el archivo guarda tres vectores, el primer vector llamado *var frec = []*; contiene el porcentaje de uso de todas las frecuencia en orden descendente y en coordinadamente con las horas que se están usando, la segunda variable *var nombreFrecuencias = []*; incluye todas las frecuencias centrales en orden descendente coordinadamente con la variable *frec*, la tercera variable *var fechas = []*; guarda todas las fechas de la base de datos discretizadas por hora, el objetivo de estas variables es brindar la información necesaria para el gráfico eCharts, de modo que la leyenda del gráfico van a ser la variable *nombreFrecuencias*, el eje x del gráfico va a ser la variable *fechas* y también va a formar nuestra línea de tiempo y por último la variable *frec* son los datos a graficar.

El resultado del procesamiento de estos datos y la combinación con la herramienta eCharts, es un gráfico que es capaz de mostrar el porcentaje de uso del espectro por hora, es decir que tanto se ha usado cada frecuencia por hora, así pues si los datos procesados indican que en el transcurso de una hora la frecuencia estuvo siempre en uso, tendremos un uso de frecuencia de un 100% pero si en algún punto del análisis del espectro hubo caída de la frecuencia tendremos un porcentaje de uso bajo, dependiendo de que tantas veces se analizó el espectro y cuántas veces estuvo en uso, por supuesto si la frecuencia nunca estuvo en uso durante la hora de análisis su porcentaje de uso será del 0%.

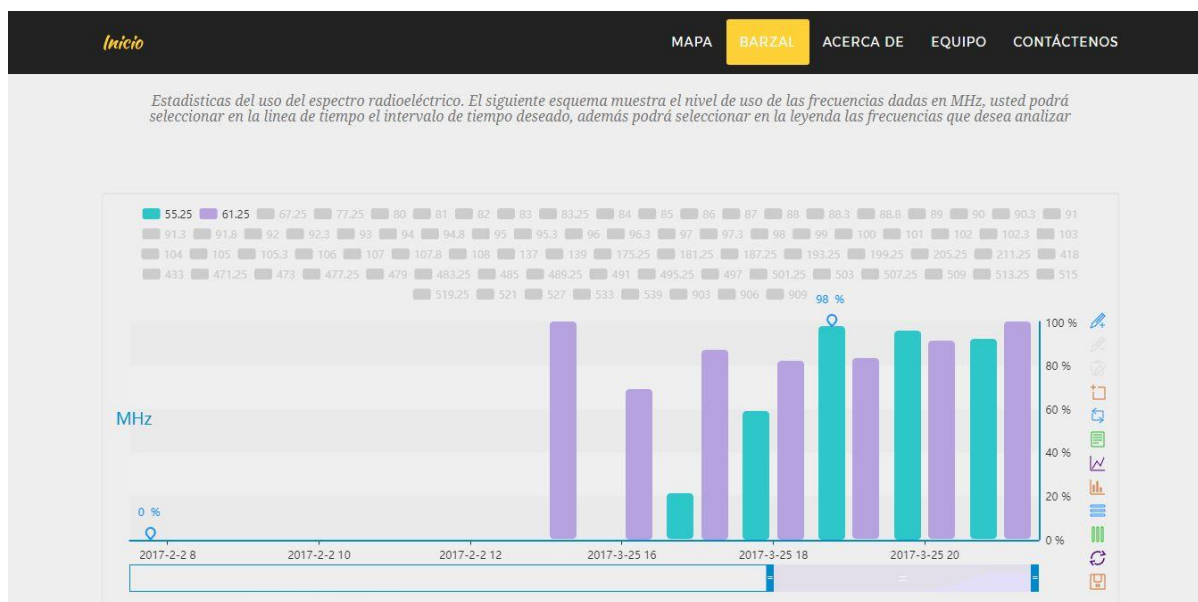


Figura 14. Screenshot de la interfaz del analizador de frecuencias.

El gráfico eCharts dá la posibilidad de **escoger la frecuencia** central que se desea analizar, de este modo podemos poner todos los datos de todas las frecuencias al mismo tiempo para poder compararlas todas a la vez o simplemente seleccionar las frecuencias centrales a conveniencia, el gráfico también ofrece la posibilidad de viajar a través de una **línea de tiempo**, así podemos ver el historial completo del porcentaje de uso de las frecuencias o podemos ver un segmento de tiempo dependiendo del tipo de análisis que deseemos realizar, eCharts nos ofrece una **paleta de herramientas** entre los cuales están las siguientes opciones: escoger dos tipos de **gráfico lineal y barras** para poder observar mejor los datos, se pueden **agrupar los datos** es decir sobre poner todos los datos de una todas las frecuencias centrales por hora en una sola barra, de esta manera es posible analizar en qué hora está más usado el espectro, como también, se puede seleccionar las frecuencias centrales que el usuario desee ver, entonces hay la posibilidad de ver que tan ocupado ha estado el espectro en las frecuencias de interés, obviamente también existe la posibilidad de **des agrupar los datos** retornando a la normalidad los datos originales, la paleta de herramientas de la librería

eCharts también ofrece otras opciones, como dibujar líneas sobre el gráfico, ver los datos puros en la opción **ver datos**, capturar una imagen del gráfico y refrescar los datos.

1.8.4. Análisis en tiempo real

El análisis en tiempo real de la las frecuencias se hace de la siguiente manera:

La base de datos aloja todo el movimiento del uso de las frecuencias de acuerdo a los datos enviados por el dispositivo rastreador, el envío de los datos se hace de manera independiente a este proyecto con un dispositivo **RTL-SDR** y un equipo de cómputo que para este caso es una tarjeta integrada **410C DRAGONBOARD**. Los datos que se muestran en la gráfica que simulan ser en tiempo real, no es más que el último dato almacenado en la base de datos del muestreo del uso del espectro de cada una de las frecuencias centrales, los datos son capturados cada segundo por un archivo javascript, que ejecuta un servicio php a través de un ajax, el archivo php está ubicado en la carpeta de servicios y tiene como nombre *usoActualdeFrecuencias.php*.

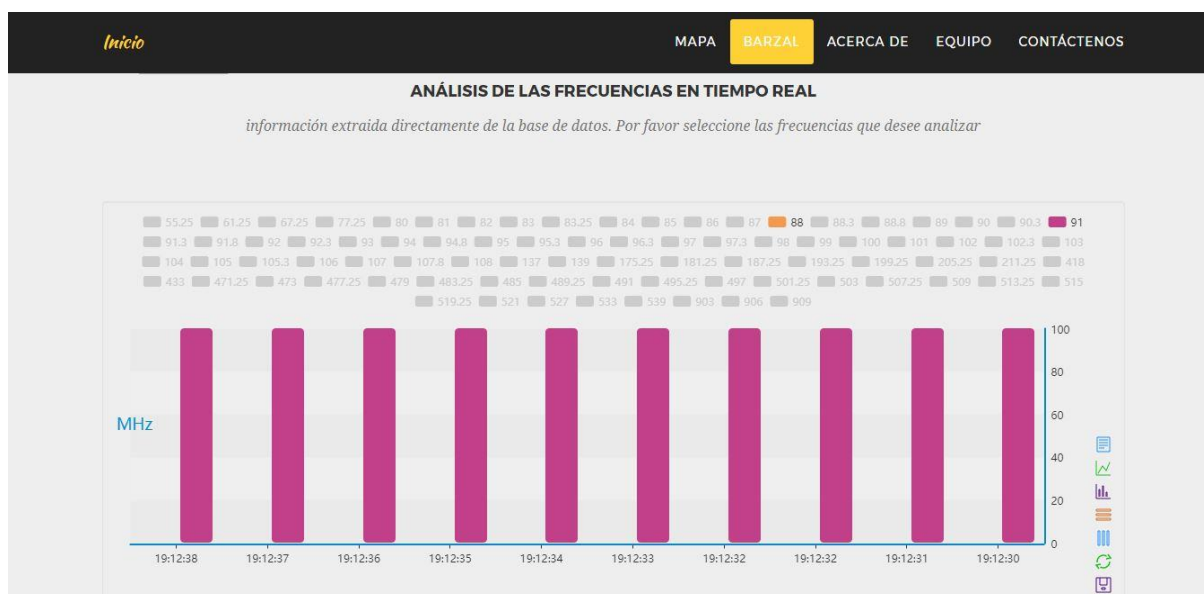


Figura 15. Screenshot de la interfaz del análisis en tiempo real.

El gráfico nos permite seleccionar la frecuencia que deseamos ver en tiempo real, e igual que en el gráfico *analizador de frecuencias dinámico* también contiene una paleta de herramientas que nos permitirá organizar los datos a conveniencia del análisis que deseemos realizar.

,

1.8.5. Configuración del servidor.

El acceso al servidor se hace a través de un **servicio SSH**, un servicio cliente SSH es un software que se utiliza protocolo de shell seguro para conectarse a una computadora remota.

Los siguientes datos son las configuraciones para acceder al servidor:

Puerto: 222

IP: 190.60.95.14

Usuario: root

Contraseña: centrotic2016

Tenga en cuenta que estos datos tienen privilegios de super usuario, así que es necesario ser prudentes a la hora de usar el servidor ya que en este servidor se hallan alojadas otras páginas importantes.

Para ingresar como cliente SSH al servidor existen múltiples programas para el acceso de este, para el proyecto se usó un cliente PuTTY llamado Bitvise SSH Client el cual se puede descargar y usar gratuitamente a través de la página web <https://www.bitvise.com/ssh-client-download> (activa 28/07/217), se usó la configuración por defecto de este software, luego accedemos al servidor con las configuración anteriormente descrita.

El servidor está montado en el programa **Xampp** y para activar el servicio se hace de la siguiente manera: una vez entremos en el servidor por la consola de comando SSH activamos el servidor apache con la instrucción **/opt/lampp/lampp start** hecho esto ya podemos acceder a la página **190.60.95.14:8080/startbootstrapEspectro/**, se aclara que el puerto 80 ya estaba ocupado por otro servicio del servidor, por lo tanto el apache del proyecto está escuchando sobre el puerto 8080.

Para acceder a los archivos de la página web nos dirigimos al directorio **/opt/lampp/htdocs/startbootstrapEspectro**.

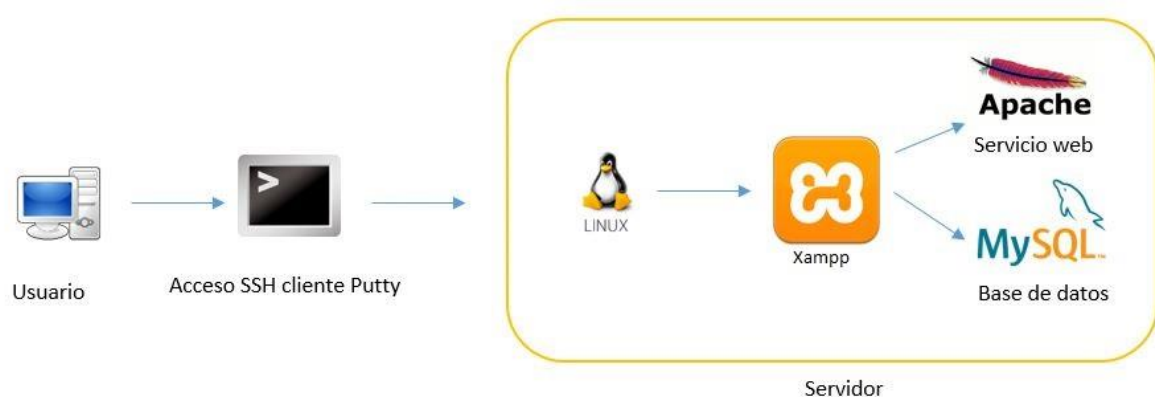


Figura 16. Diagrama de conexión con el servidor.

1.9. Conclusiones

El uso del espectro radioeléctrico está en continuo cambio debido a las tecnologías emergentes como la televisión digital, el teléfono móvil entre otros, además se conocen pocos estudios realizados en el área de villavicencio, por lo tanto este proyecto brinda a los investigadores una herramienta poderosa y práctica para observar el uso del espectro radioeléctrico.

El mapa de las ubicaciones geográficas del uso del espectro radioeléctrico puede servir como proyecto base para futuras investigaciones, además es de muy fácil adaptación a cualquier otro territorio.

Al finalizar el desarrollo del proyecto se puede concluir que las tecnologías open source poseen todo el potencial que se necesitaba para el desarrollo de este proyecto, ya que son lo suficientemente poderosas para afrontar cualquier tipo de graficación y procesamiento de datos a los que se enfrenten.

Referencias

[1] Comunicaciones y redes de radio cognitivas: una visión general.

Publicado en: IEEE Transactions on Vehicular Technology (Volumen: 60 , Número: 7 ,

Sept. 2011)

<http://ieeexplore.ieee.org/document/5783948/>

[2] Gestión del espectro radioeléctrico en Colombia

Tecnura vol.19 no.45 Bogotá July/Sept. 2015

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2015000300013

[3] Echats

<https://ecomfe.github.io/echarts-doc/public/en/api.html#echarts>

[4] Xampp

<https://www.apachefriends.org/es/index.html>

[5] codepen

<https://codepen.io/PipeBuitrago/post/uso-espectro-radioel-ctrico>

2. Capítulo 2. Artículo científico resultado de investigación